



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Радіаційна стійкість матеріалів

Шифр та назва спеціальності

105 - Прикладна фізика та наноматеріали

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Прикладна фізика та наноматеріали для енергетики, медицини, радіоелектроніки та телекомунікацій

Кафедра

фізики металів та напівпровідників (165)

Рівень освіти

Бакалавр

Тип дисципліни

Вибіркова

Семестр

8

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Зубарєв Євгеній Миколайович

enzubarev@gmail.com

Доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри фізики металів та напівпровідників НТУ «ХП».

Досвід роботи – 42 роки. Автор понад 180 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Атомна дифузія в твердих тілах», «Фізичні властивості матеріалів», «Електроніка», «Радіаційна стійкість матеріалів», «Рентгено-флуоресцентний аналіз». Сфера наукових інтересів електронна мікроскопія, рентгено-структурний аналіз, рентгенівська оптика, дифузія та фазові перетворення в нанорозмірних плівкових системах.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

В даному курсі студенти вивчають основи фізики взаємодії прискорених частинок з твердим тілом: кінематику парного зіткнення, основні потенціали іон-атомної взаємодії та перетини розсіювання прискорених частинок, втрати енергії прискорених частинок в твердому тілі, пробіги іонів та профілі розподілу енергії, виділеної по глибині мішені, каскади атомних зіткнень, первинні та вторинні радіаційні дефекти, механізми розпилення твердих тіл. Особливу увагу приділено закономірностям формування дефектної структури матеріалів уздовж траєкторії прискореної частинки у твердому тілі. Курс є базовим для задач прикладної фізики для отримання необхідних властивостей та параметрів фізичними об'єктами, для створення нових сучасних матеріалів із заданими властивостями та радіаційно стійких матеріалів. Призначений для студентів фізичних, інженерно – технічних спеціальностей 10 галузі знань – «природничі науки».

Мета та цілі дисципліни

Мета вивчення та засвоєння матеріалу з навчальної дисципліни полягає в формуванні у студентів основних понять про взаємодію прискорених частинок з атомами твердого тіла і фізичних процесів, які виникають у твердому тілі під час їх гальмування і подальшому відпалі. Вивчаються методи комп'ютерного моделювання розподілу в твердому тілі імплантованих частинок, радіаційних вакансій, власних міжвузловинних атомів і іонізацій, енергетичних та кутових характеристик розпиленних частинок. Отримуються знання для вирішення задач прикладної фізики по створенню необхідних властивостей та параметрів твердотільних матеріалів..

Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

Компетентності

1. ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
2. ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
3. ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
4. СК2. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.
5. СК3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.
6. СК7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.
7. СК8. Здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах.

Результати навчання

Р01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

Р03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.

Р05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 90 год. (3 кредити ECTS): лекції – 30 год., лабораторні роботи – 10 год., самостійна робота – 50 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно знати основні поняття з курсів: вища математика, загальна фізика, кристалографія, методи структурного аналізу.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

В рамках даної дисципліни студенти виконують індивідуальне домашнє завдання (ІДЗ).

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Фізика однократного зіткнення прискореної частинки з нерухомою

Вступ. Фізика взаємодії прискорених частинок з твердим тілом. Використання прискорених іонів в сучасних іонно-променевих технологіях. Вплив реакторного опромінення на матеріали. Основні визначення та припущення. Кінематика парного зіткнення. Умови застосування класичної механіки. Розсіяння частинок у центральному полі сил. Зведення задачі про розсіяння двох частинок до задачі про рух однієї частинки. Рішення задачі про рух частинки в центральному полі сил. Переріз розсіювання. Наближені методи рішення задачі розсіювання. Імпульсне наближення. Наближення твердих куль.

Тема 2. Основні потенціали іон-атомної взаємодії та ефективні перетини розсіювання

Потенціали іон-атомної взаємодії. Перерізи розсіювання для деяких степеневих потенціалів. Кулонівський потенціал. Умови застосування потенціалу Кулона. Переріз розсіювання для потенціалу Нільсена.

Тема 3. Втрати енергії прискорених частинок в твердому тілі

Пружні (ядерні) втрати енергії. Непружні (електронні) втрати енергії. Випадок швидких та повільних частинок. Проміжна область швидкостей.

Тема 4. Пробіги іонів, профілі розподілу іонів і виділеної енергії по глибині мішені

Функції розподілу пробігів, порушень і іонізацій. Рівняння для пробігів іонів. Метод моментів функцій розподілу. Апроксимація профілей розподілу функціями Пірсона IV.

Тема 5. Взаємодія прискорених частинок з монокристаллами. Ефект каналювання

Експериментальні результати. Теоретичний розгляд Ліндхарда. Особливості взаємодії каналюваних іонів з монокристаллами. Вплив каналювання на профілі розподілу імплантованих частинок і радіаційних порушень у твердому тілі.

Тема 6. Каскади атомних зіткнень

Каскадна функція. Модель Кінчина-Піза. Розподіл енергії і радіаційних дефектів в каскаді атомних зіткнень.

Тема 7. Радіаційні дефекти

Термоактивовані реакції первинних радіаційних дефектів. Енергетичні характеристики первинних радіаційних дефектів: радіаційних вакансій і власних міжвузловинних атомів (ВМА). Вторинні радіаційні дефекти. Зародження та зростання петель проникнення та віднімання. Домішково-вакансійні комплекси. Радіаційні пори

Тема 8. Розпилення твердих тіл під впливом іонного бомбардування

Перша підтема. Основні поняття та визначення. Механізми розпилення твердих тіл. Друга підтема. Залежність коефіцієнту розпилення від енергії іонів, співвідношення мас іона і атомів мішені, кута падіння та температури мішені

Теми практичних занять

немає

Теми лабораторних робіт

Робота 1. Побудова профілей розподілу імплантованих частинок і виділеної енергії у твердих тілах.

Робота 2. Комп'ютерне моделювання процесів іонної імплантації в однокомпонентні мішені.

Робота 3. Комп'ютерне моделювання процесів іонної імплантації в багатокомпонентні мішені.

Робота 4. Комп'ютерне моделювання процесів іонної імплантації в шаруваті мішені.

Робота 5. Комп'ютерне моделювання процесу розпилення твердих тіл під впливом іонного опромінення.

Самостійна робота

Студенти самостійно опрацьовують лекційний матеріал і вивчають теми та питання, які не викладаються на лекційних заняттях. Студенти готуються до контрольних робіт, самостійно оформлюють лабораторні роботи і готуються до їх здавання викладачу. Виконують індивідуальне завдання по комп'ютерному моделюванню процесів іонної імплантації і розпилення поверхні твердих тіл та побудові профілей розподілу імплантованих частинок та радіаційних дефектів в твердому тілі..

Література та навчальні матеріали

Основна:

1. M.W. Thomson Defects and radiation damage in metals. – Cambridge: University Press, 1969. - 356 p.
2. Chr. Lehmann. Interaction radiation with solids and elementary defect production. – Amsterdam: Elsevier, 1977. – 341 p.
3. J.K. Hirvonen. Ion implantation. – New York : Academic Press, 1985. – 392 p.
4. Субмікронні та нанорозмірні структури електроніки: Підручник / З.Ю. Готра, Б.А. Лукіянець, В.П. Махній, С.В. Павлов, Л.Ф. Політанський, Е. Потенські.- Черновці: Видавництво “Технологічний центр”, 2014. – 839 с.

5. Sputtering by particle bombardment. I. Physical sputtering of single element solids. Topics in applied physics. vol. 47/ edited by R. Behrish. – Berlin: Springer, 1983. – 335 p.

Додаткова:

6. Зелев С.П, Рабоча Л.С., Шпетний І.О.. Оптика електронно-променевих приладів – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 208 с.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену (40%) та поточного оцінювання (60%).

Екзамен: письмове завдання (3 запитання) та усна доповідь.

Поточне оцінювання: 2 онлайн тести (по 10%), лабораторні роботи (20%), ІДЗ (20%),

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

Завідувач кафедри
Сергій МАЛИХІН

Гарант ОП
Сергій КОЗЛОВ